

Sıcak hava fritözü (Airfryer) ve Derin Yağda Kızartma İşleminin Akrilamid Oluşumu Yönünden Karşılaştırılması (Comparison of Airfryer and Deep Frying Process in Terms of Acrylamide Formation)

Erolcan PERÇİNER^a , * İlkay YILMAZ^a

^a Başkent University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Ankara/Türkiye

Makale Geçmişi

Gönderim Tarihi: 17.08.2024

Kabul Tarihi: 20.12.2024

Anahtar Kelimeler

Akrilamid

Sıcak hava fritözü

Derin yağda kızartma

Patates kızartması

Et

Öz

Günümüzde sıcak hava fritözleri geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından tercih edilmektedir. Derin yağda kızartmaya göre sıcak hava fritözü hem hızlı pişirme sağlaması ile daha pratik hem de kullanılan yağ oranının az olmasından dolayı daha sağlıklı olduğu düşünülen bir ekipmandır. Bu çalışmanın temel konusu, sıcak hava fritözü ve derin yağda kızartma ile aynı sıcaklıkta pişirilen et ve patatesteki akrilamid oluşumunu araştırmak ve bu ürünlerin duyu özelliklerini karşılaştırmaktır. Çalışma sonucu elde edilen bilgilere göre derin yağda kızartmaya göre sıcak hava fritözünde pişirilen ürünlerde daha fazla akrilamid oluşumu gözlemlenmiştir. Akrilamid içeriği sıcak hava fritözünde pişirilen etlerde $24,80 \pm 1.18$ mg/kg olarak bulunurken derin yağda pişirilen ette $6,20 \pm 0.40$ mg/kg bulunmuştur. Patateslerde ise sıcak hava fritözünde $36,00 \pm 1,24$ mg/kg, derin yağda pişirmede $11,00 \pm 0.81$ mg/kg olarak bulunmuştur. Sonuç olarak son yıllarda derin yağda kızartmaya alternatif olarak yaygın şekilde kullanılmaya başlanan ve daha az yağ kullanımı sağlayan hava fritözlerinin akrilamid oluşumundaki rollerinin daha iyi anlaşılması için detaylı olarak araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Keywords

Acrylamide

Air fryer

Deep frying

French fries

Meat

Makalenin Türü

Araştırma Makalesi

Abstract

Today, air fryers are preferred by a wide range of users. Compared to deep frying, air fryers are considered to be both more practical due to fast cooking and healthier due to the low amount of oil used. The main subject of this study is to investigate the formation of acrylamide in meat and potato cooked at the same temperature with air fryer and deep fat frying and to compare the sensory properties of these products. According to the results obtained of the study, more acrylamide formation was observed in products cooked in a air fryer compared to deep frying. Acrylamide content was 24.80 ± 1.18 mg/kg in meat cooked in air fryer and 6.20 ± 0.40 mg/kg in meat cooked in deep oil. In potatoes, 36.00 ± 1.24 mg/kg was found in air fryer and 11.00 ± 0.81 mg/kg in deep fat frying. In conclusion, air fryers, which have been widely used as an alternative to deep frying in recent years and provide less oil usage, need to be investigated in detail to better understand their role in acrylamide formation.

* Sorumlu Yazar

E-posta: ilkayyilmaz@baskent.edu.tr (İ. Yılmaz)

GİRİŞ

Günümüzde sıcak hava fritözü (airfryer) gün geçtikçe yaygınlaşan bir pişirme ekipmanıdır. Bu cihaz, sıcak hava dolaşımı kullanarak yiyecekleri çıtır ve kızarmış bir kıvama getirmektedir (Teruel, vd., 2015). Düşük yağ kullanımı, hızlı pişirme, çeşitli pişirme seçenekleri, kolay temizlik, daha az koku, modern tasarım ve yenilikçi teknolojisi sayesinde çokça tercih edilen popülerliği yüksek bir cihazdır (Andrés, vd., 2013). En önemli tercih sebeplerinden bir de sosyal medyanın etkisidir. Sosyal medyada paylaşılan tarifler ve deneyimlerle popülerliğini gün geçtikçe arttırmıştır.

Sıcak hava fritözünde pişirme temel olarak; cihaz içindeki ısıtıcı eleman ve fanın bir araya gelerek yüksek sıcaklıklarda hava üretmesine dayanmaktadır. Hava akımı yiyeceğin etrafında dönmekte ve bu süreçte dış yüzeyi çıtır hale gelmektedir. Geleneksel pişirme yöntemlerinde ise ısının doğrudan yiyeceğe uygulanmasıyla gerçekleşmektedir (Lee & Demirci, 2023).

Pişirme sırasında yiyeceklerde sıcaklığın etkisiyle lezzet ve renk oluşumu gerçekleşmektedir. Bu oluşumu sağlayan genellikle 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda büyük ölçüde aminoasitler ve reaktif karbonil grubu içeren indirgen şekerler arasında oluşan "Maillard Reaksiyonu"dur (Mucci, vd., 2005). Fakat yiyeceklerle renk ve lezzet sağlayan bu tepkimeler aynı zamanda toksik bazı bileşiklerin oluşumuna da sebep olmaktadır (Zhang, vd., 2006). Akrilamid, hidroksimetil furfural (HMF) ve heterosiklik aminler bunlardan bazılarıdır (Michalak, vd., 2013).

Akrilamid, Maillard reaksiyonunun bir yan reaksiyon ürünü olarak oluşmakta ve bu oluşumda aminoasitlerden "asparajin" önemli yer tutmaktadır (Yaylayan, vd., 2003; Zyzak vd, (2003), asparajinin akrilamid oluşumunda öncü bir aminoasit olduğunu çalışmalarında göstermişlerdir. Bunun yanında akrilamid oluşumunda pişme süresi, gıdanın şekli ve uygulanan sıcaklık en önemli faktörlerdendir (Arusoğlu, 2015). Araştırmacılar gıdalardaki akrilamid düzeyinin; gıdanın çeşidi ve üretim şekline bağlı olarak da farklılık gösterdiğini belirtmektedir (Nizamlioğlu & Nas, 2019).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), yüksek sıcaklıkta (120 °C den yüksek) işlenmiş veya pişmiş besinlerin dikkat çekici oranda akrilamid içerebileceğini ve bunun insan sağlığı için risk oluşturabileceğini bildirmektedir (Kaplan vd., 2009). EFSA'ya göre kızarmış patates, kavrulmuş kahve ve bazı tahıllar akrilamid açısından tehlikeli gıdalar arasındadır (Mesías vd., 2017). Yapılan çalışmalar göstermektedir ki; akrilamid patates cipsi, patates kızartması, derin yağda kızartılmış patates ürünleri, kraker ve patates hamurundan elde edilen diğer patates ürünleri, somun, rulo ve baget gibi ekmek çeşitleri, kızarmış ekmek ve kızarmış sandviçler, kahvaltılık gevrekler, kurabiyeler, bisküviler, peksimetler, tahıl gevrekleri, çörekler, dondurma külahları, gofretler, çörekler ve kurabiye gibi unlu mamullerin yanı sıra krakerler, gevrek ekmekler ve ekmek ikameleri, kavrulmuş kahve, instant (çözünür) kahve, kahve ikameleri, bebeklere ve küçük çocuklara yönelik bebek maması ve işlenmiş tahıl bazlı yiyecekler gibi birçok gıdada bulunabilmektedir (Nizamlioğlu & Nas, 2019).

Pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında derin yağda kızartma en yüksek akrilamid oluşumuna neden olan işlemlerden biridir (FDA, 2022). Derin yağda kızartma sırasında pişirme daha uzun süre veya daha yüksek sıcaklıklarda yapıldığında daha fazla akrilamid oluşmaktadır. Ürünler pişirilirken rengi sarıdan kahverengiye geçtikçe daha fazla akrilamid içermeye eğilimindedir. Pişirilen ürünlerin rengi daha kahverengi oldukça akrilamid

miktarı artmaktadır. Daha fazla akrilamid içermeye potansiyeline sahip oldukları için pişirilen gıdaların kahverengileşmiş bölümlerini tüketmekten kaçınmak gerekmektedir (Arusoğlu, 2015).

Akrilamid insanlar için nörotoksik ve genotoksik bir maddedir. 2015 yılında Avrupa Gıda ve Güvenlik Otoritesi (EFSA), insanlarda kanser oluşumunda düşük bir artışa neden olan günlük akrilamid alımının 170 µg kg⁻¹ vücut ağırlığı olduğunu yayınlamıştır (EFSA, 2015). Yani bireyler için günlük maksimum akrilamid miktarının kg vücut ağırlığı başına 170 µg olması gerekmektedir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu gıdalardaki akrilamide ‘İnsanlar İçin Grup 2A Olası Kanserojen’ grubunda yer vermiş; Avrupa Birliği de Sınıf 2 karsinojen ve mutajen grubunda yer vermiştir (Arusoğlu, 2015). Akrilamide uzun vadeli maruziyet, bazı çalışmalara göre özellikle böbrek, karaciğer ve bağırsak kanseri riskini artırabilmektedir (Kaçar & Şahintürk, 2017). 2005 yılında WHO ve FAO birlikte, işlenmiş ya da yüksek sıcaklıkta pişirilmiş, bazı gıdaların önemli düzeylerde akrilamid içerdiklerini ve bu gıdaların insan sağlığı için önemli riskler yaratabileceğini bildirmişlerdir (Zhang vd., 2006). Avrupa Birliği, 2017’de ekmek, tahıl, patates, kahve ve fırın ürünlerinde akrilamid azaltılmasına dair düzenlemeleri kabul etmiştir. (Erkekoğlu & Baydar, 2014).

Aslında yeni teknolojiler yiyecekleri geleneksel pişirme yöntemlerine göre daha sağlıklı bir şekilde pişirmek amacıyla tasarlanmaktadır fakat bu teknolojilerin piyasaya sürülmeden önce ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve sağlık açısından etkilerinin ele alınması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan bu çalışmada; derin yağda kızartma ve sıcak hava fritözünde hazırlanan pişmiş et ve kızarmış patatesten oluşan akrilamid miktarı araştırılmış ve ürünler duyu analizi tabii tutularak karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Deneyler için kullanılan patates (*Solanum tuberosum* L.) yerel bir pazardan (Ankara, Türkiye) satın alınmıştır. Et örnekleri (dana but) ise yerel bir marketten temin edilmiştir. Çalışma için tüketimi yaygın ürünler seçilmiştir. Kullanılan yağ; yerel marketlerden temin edilen Emek marka ayçiçek yağıdır. Sıcaklıklar; -50 ila 350°C ölçüm aralığına sahip olan bir Testo 905T1 Prob Termometresi (Testo SE & Co. KGaA, Şangay, Çin) ile ölçülmüştür.

Örneklerin Hazırlanması

Patatesin kızartılması işlemleri için Boskou vd, (2006) tarafından uygulanan metot aşağıda belirtildiği şekilde modifiye edilerek uygulanmıştır. Taze patates örnekleri soyularak 0.7-1.0 cm kalınlığında ve 7cm boyunda dilimlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Patates ve et örneklerinin pişirilmeden önceki görüntüsü

Çelik bir tavaya ayçiçek yağı (300 ml) alınmıştır. Doğalgaz ısıtıcılı ocak kullanılarak yağ ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. 400 g patates örneği tavadaki 300 ml derin yağ içerisinde kızartılmıştır. Kızartma işleminde yağ

sıcaklığı 180 °C derecede olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Boskou vd., 2006). Aynı işlem sıcak hava fritözünde 30 ml yağ ve 180 °C derece ayarlanarak yapılmıştır (Şekil 2). Patatesler 180 °C'ye ayarlanmış sıcak hava fritözünde 12 dakikada pişerken derin yağda kızartma yönteminde 10 dakikada pişmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2. Sıcak hava fritözünde pişirme(a) ve Derin yağda kızartma (b)

400 g et örneği 1-1,5 cm kalınlıkta olacak şekilde dilimlenmiş (Şekil 1) ve 30ml yağ kullanarak sıcak hava fritözünde ve çelik tavada pişirilmiştir. Pişirme işlemi etin iç sıcaklığı 74°C derece olunca durdurulmuştur. 180 dereceye ayarlanmış sıcak hava fritözünde 16 dakikada bu sıcaklığa ulaşılırken, geleneksel tavada pişirme yöntemlerinde 4 dk 27 saniyede ulaşılmıştır. Ürünlerin pişmiş haldeki görüntüsü Şekil 3 ve Şekil 4'teki gibidir.



(a)

(b)

Şekil 3. Sıcak hava fritözünde pişirme(a) ve derin yağda kızartma (b) ile pişirilen patateslerin son görüntüsü



(a)

(b)

Şekil 4. Sıcak hava fritözünde pişirme(a) ve derin yağda kızartma (b) ile pişirilen etlerin son görüntüsü

Örnekler plastik kaplara konulmuş ve aynı gün analiz edilmiştir.

Akrilamid Analizi

Akrilamid analizi, daha önce Crawford ve Wang, (2019) tarafından geliştirilen yöntemeye dayalı olarak LC-MS/MS ile gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon şu şekilde gerçekleşmiştir.

- 0,5-1 g homojenize edilmiş numune falkon tüpüne tartılır.
- 20 mL ultra saf su eklenir.
- 10 dakika ultrasonik banyoda bekletilir.
- 5 dakika güçlü bir şekilde çalkalanır.
- 3000 g’de 5 dakika santrifüj edilir.
- Üstte kalan yağlı katmandan kaçınılarak alttaki sulu fazdan 10 mL temiz bir falkon tüpüne alınır.
- 7,5 mL hegzan eklenir ve 45 saniye boyunca vortekslenir.
- 1000 g de 3 dakika santrifüj edilir. (Yeterli olmazsa 3000 g’ye çıkarılarak tekrarlanır.)
- Üstteki hegzan fazı ayrılarak atılır.
- Kalan sulu faza 0,1 mL Carrez I ve 0,1 mL Carrez II çözeltisi eklenir. 30 saniye vortekslenir.
- 3000 g’de 5 dakika santrifüj edilir.
- Berrak fazdan bir miktar numune vialer alınarak HPLC cihazında analiz edilir.

Cihazın özellikleri şu şekilde ayarlanmıştır.

- Kalibrasyon Aralığı: 10-25-50-100-250-500-1000-2000 µg/L
- Column: GL Sciences markalı C18 5 µm 4,6x250 mm
- Flow rate: 0,5 mL/min Run time: 15 min.

- Retention time: 9,11 min.
- Injection: 100 uL
- Mobile Phase: 475 mL Ultra pure water+ 25 mL (% 50 MeOH: %50 ACN)

Duyusal analizler

Duyusal değerlendirme; duysal analiz konusunda eğitim almış 25-57 yaş aralığında, 6 erkek, 6 kadın panelist tarafından (n=12) yapılmıştır. Panelde dokuz puanlık bir hedonik ölçek (1 = hiç beğenmedim, 9 = çok beğendim) kullanılmıştır. Numuneler renklerine, lezzetlerine, kokularına ve genel kabul edilebilirliklerine göre değerlendirilmiştir. Örnekler 3 paralel denenmiştir. Duyusal analizler Altuğ-Onoğur ve Elmacı (2011) referans alınarak yapılmıştır. Buna göre duysal analiz panellerinde; eğitilmiş 3-10, yarı eğitilmiş 8-25, eğitilmemiş en az 80 panelistin; hedonik testlerde ise yarı eğitilmiş 8-25, ya da eğitilmemiş en az 80 panelistin kullanılması gerektiğini ifade etmiştir (Altuğ-Onoğur & Elmacı, 2011).

İstatistik analizleri

SPSS 22 istatistik yazılımı kullanılarak mevcut çalışmanın sonuçları incelenmiştir. Örnek ortalamaları ve değişkenler arasındaki farkların önemini değerlendirmek için tek yönlü bir varyans analizi (ANOVA) önemli bir düzey $P < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Patates kızartması numuneleri incelendiğinde sıcak hava fritözünde pişen patates kızartması 36,0 mg/kg akrilamid içermekte olup geleneksel yöntemle yağda pişen patates numunesi ise 11,0 mg/kg akrilamid içermektedir. Bu sonuca göre de sıcak hava fritözünde pişen patatesten daha fazla akrilamid tespit edilmiştir ($P = 0,003$). Sonuçlar Tablo 1’de gösterilmektedir.

Analizler sonucu et numunelerine sıcak hava fritözünde pişen et numunesi ortalama $24,8 \pm 1,18$ mg/kg akrilamid içerirken geleneksel yöntemle yağda pişen et numunesi ortalama $6,2 \pm 0,40$ mg/kg akrilamid içermektedir. Et numuneleri için geleneksel pişirme yönteminin 4 kat daha düşük akrilamid içeren sıcak hava fritözüne kıyasla daha az akrilamid içerdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($P = 0,033$). Bu sonuca neden olabilecek olası faktörler kızartma süresindeki farklılıklar şeklinde açıklanabilir. Kızartma işleminde; kızartma süresindeki artış akrilamid oluşumunda artışa, kızartma süresindeki düşüş ise akrilamid oluşumunda azalmaya neden olmaktadır (Navruz-Varlı, Mortaş, 2024). Bu çalışmada etler ve patates farklı sürelerde aynı sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Akrilamid oluşumundaki farklar süredeki farklılardan kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 1. Derin yağda kızartılmış ve sıcak hava fritözünde pişirilmiş et ve patatesteki akrilamid miktarları

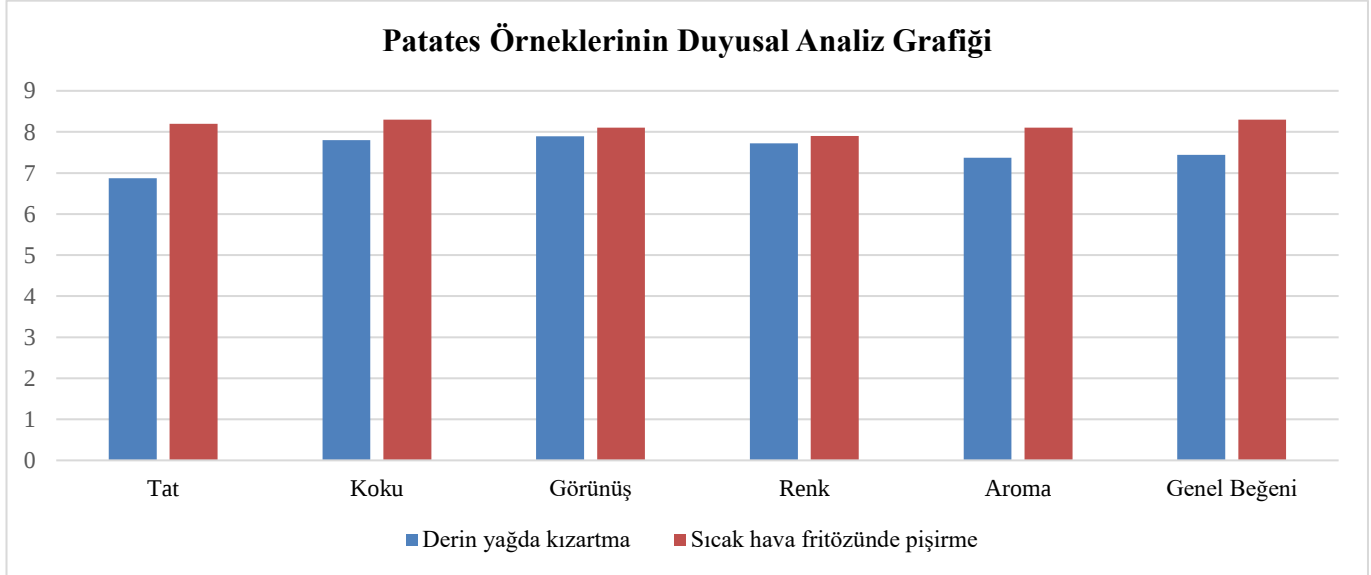
	Derin yağda kızartma(mg/kg)	Sıcak hava fritözünde pişirme(mg/kg)
Patatesten Akrilamid	$11,00 \pm 0.81$	$36,00 \pm 1.24$
Etten Akrilamid	$6,20 \pm 0.40$	$24,80 \pm 1.18$

Tüm değerler (Ortalama $\pm$ Standart sapma) olarak verilmiştir.

Tablo 1’deki akrilamid değerleri incelendiğinde yağda kızartma ve sıcak hava fritözünde pişirilen örneklerde yapılan akrilamid analizlerinde sıcak hava fritözünde pişirilen ürünlerde fazla olduğu ve farkın anlamlı olduğu bulunmuştur ($P = 0,003$). EU 2017/2158 numaralı Avrupa Birliği regülasyonu, akrilamid bulunması olası gıdalar için

belirlediği kıyas seviyeleri için 50 mg/ kg denmektedir (EU Commission Regulation, 2017). Bu değerler belirtilen sınırı aşmamaktadır.

Duyusal analiz sonuçlarına bakıldığında ise panelistlerin tat, koku, görünüş, renk, aroma, genel beğeni açısından verdikleri cevapların anlamlı bir fark içermediği bulunmuştur. Panelistlerin verdiği cevaplara ait duyusal analiz sonuçlarının grafiği Şekil 5 ve Şekil 6' da verilmektedir.



Şekil 5. Pişirme tekniklerine göre patates kızartmasının duyusal analiz sonuçları

Bu çalışmada iki farklı teknikle pişirilen patates kızartmaları ve et; görünüş, renk, koku, tat ve genel kabul gibi duyusal parametreleri açısından değerlendirilmiştir (Tablo 2 ve Tablo 3).

Tablo 2. Farklı pişirme tekniklerine göre patates kızartmasının duyusal analiz sonuçları

Patates Kızartması	Derin yağda kızartma	Sıcak hava fritözünde pişirme
Tat	6.87 ± 1.00 ^a	8.20 ± 0.30 ^a
Koku	7.80 ± 0.30 ^a	8.30 ± 0.50 ^a
Görünüş	7.89 ± 1.00 ^a	8.10 ± 0.60 ^a
Renk	7.72 ± 0.20 ^a	7.90 ± 2.20 ^a
Aroma	7.37 ± 0.10 ^a	8.10 ± 0.30 ^a
Genel Beğeni	7.44 ± 0.70 ^a	8.30 ± 5.40 ^a

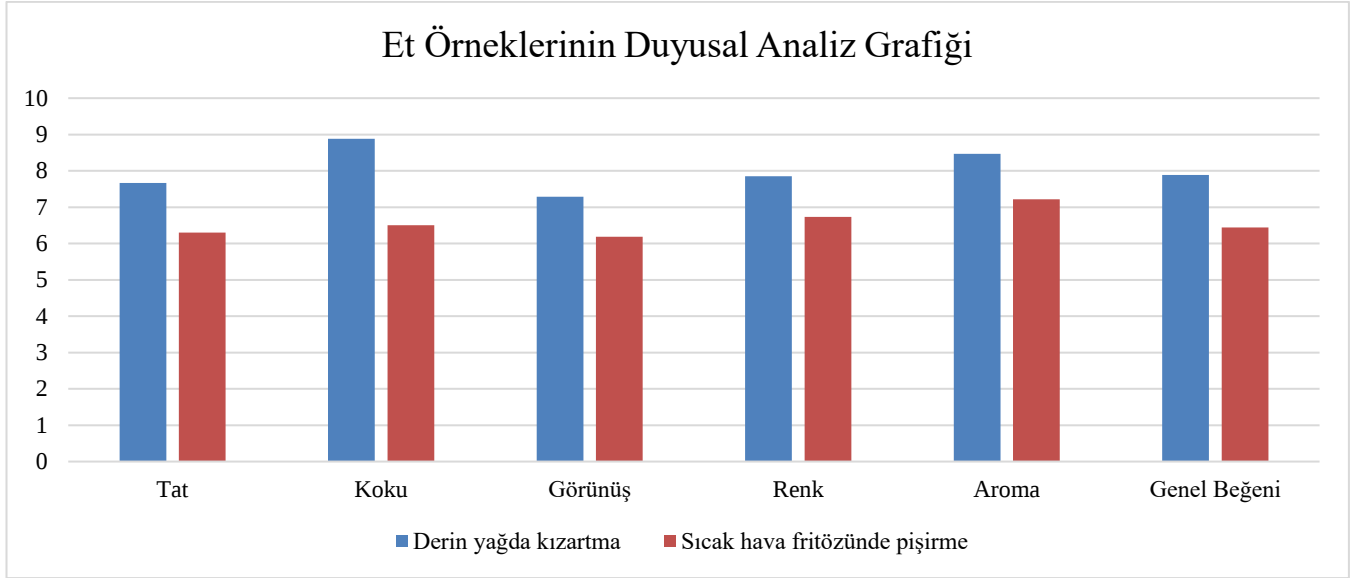
Tüm değerler (Ortalama ± Standart sapma) ve ortalama değer üzerinde farklı alfabe ile a-b üst simgesi $P \leq 0.05$ satırında anlamlılık farkını gösterir.

Patates kızartmalarının duyusal değerlendirme sonuçlarına bakıldığında genel olarak sıcak hava fritözünde pişen patateslerin daha yüksek puanlar aldığı görülmektedir; bunun sebebi görünüş olarak daha açık renkli olmasıdır. Fakat örnekler istatistiki olarak karşılaştırıldığında farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur ($P > 0.05$). Havada ve vakumda kızartılan cipslerin renginin daha açık olduğu ve derin yağda kızartılan cipslere kıyasla daha arzu edilen bir tada ve dokuya sahip olduğu benzer çalışmalar tarafından da rapor edilmiştir (Basuny vd., 2016). Başka bir çalışmada patatesler çeşitli sıcaklıklarda (180–200°C) ve sürede (12–24 dakika) kızartılmıştır. Sonuçlar, sertliğin kızartma sıcaklığı ve süresiyle birlikte istikrarlı bir şekilde arttığını göstermiştir (Dong vd., 2022). Genel kabul için olası belirleyici faktörler, çeşitli kızartma yöntemlerinde renk esmerleşmesi, doku kaybı ve yanık aromasıdır (Verma vd. 2023).

Tablo 3. Farklı pişirme tekniklerine göre etin duyusal analiz sonuçları

Et	Derin yağda kızartma	Sıcak hava fritözünde pişirme
Tat	7.67 ± 1.70 ^a	6.30 ± 0.11 ^a
Koku	8.88 ± 0.20 ^a	6.50 ± 0.20 ^a
Görünüş	7.29 ± 0.20 ^a	6.19 ± 1.60 ^a
Renk	7.85 ± 0.10 ^a	6.73 ± 2.80 ^a
Aroma	8.47 ± 0.20 ^a	7.22 ± 0.20 ^a
Genel Beğeni	7.89 ± 0.80 ^a	6.44 ± 2.70 ^a

Tüm değerler (Ortalama ± Standart sapma) ve ortalama değer üzerinde farklı alfabe ile a-b üst simgesi $P \leq 0.05$ satırında anlamlılık farkını gösterir.

**Şekil 6.** Pişirme tekniklerine göre et örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Pişen etler duyusal değerlendirmeye tabi tutulduğunda genel olarak sıcak hava fritözünde pişen etin daha düşük puanlar aldığı görülmektedir. Bunun sebebi görünüş olarak etin daha koyu renkli olması olabilmektedir. Buna paralel olarak akrilamid değeri de beklendiği gibi yüksek çıkmıştır. Fakat örnekler duyusal olarak karşılaştırıldığında farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur ($P > 0.05$).

Patates, çoğunlukla yağda kızartılmış olarak yaygın olarak tüketilmektedir. Ayrıca birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de son yıllarda evde patates kızartmasında hava fritözlerinin kullanım oranı gözle görülür biçimde artmıştır (Navruz-Varlı & Mortaş, 2024). Bu artışta en önemli payın sıcak hava fritözlerinin pratik kullanımı ve patateslerin daha az yağ kullanılarak pişirilmesi olduğu söylenebilir. Dünya çapında birçok firma ürettiği için nispeten uygun fiyatlı olmasının da etkisiyle binlerce evin mutfağında yerini almıştır (Pekmezci & Basaran, 2023; Awogbemi, vd., 2023; Teruel, 2015; Wang, 2021; Zaghi, 2019). Ancak bu yeni nesil kızartma ekipmanlarının akrilamid gibi zararlı bileşiklerin oluşumunda rol oynayabileceği konusunda yeterli farkındalık yoktur (Hamlet vd., 2018).

Birçok araştırmacı derin yağda kızartmanın, fırınlamaya kıyasla patateslerde daha yüksek düzeyde ısı işlem kirlenici oluşumuna neden olduğunu bildirmiştir (Palazoğlu vd., 2010; Mousavi vd., 2022). Derin kızartmanın, fırında pişirmeye kıyasla patateslerde daha yüksek düzeyde akrilamid oluşumuna neden olduğu rapor edilmiştir (Palazoğlu vd., 2010). Birçok çalışmada et ürünlerinde pişirme yönteminin ısı işlem kirlenici düzeyine etkisi en yüksekten en düşüğe doğru derin yağda/tavada kızartma, ızgara/barbekü, kavurma, fırınlama ve haşlama şeklinde ele alınmıştır

(Pekmezci & Başaran, 2023). Fakat sıcak hava fritözünde daha yüksek bulunmuştur. Sıcak hava fritözünde ürünlerin daha uzun süre pişirilmesi gerekmektedir. Çünkü ısı transfer hızı gaz fazında (yağ buharı) sıvı faza (yığın) göre çok daha yavaştır. Bu da akrilamid oluşumu riskini artırmaktadır (Cheng & Wu, 2006).

Yapılan bir çalışmada, havada kızartma ile elde edilen patates kızartmasının, derin yağda kızartmaya göre daha yüksek akrilamid içerdiği ve düşük kalite özellikleri gösterdiği bulunmuştur (Giovanelli, vd., 2017). Kızartma süresi ile renk değişimine dayanarak, ham maddedeki başlangıçtaki indirgeyici şeker içeriği arttıkça Maillard reaksiyonunun oranının arttığı ve ayrıca derin yağda kızartma için havada kızartmaya göre daha düşük olduğu sonucuna varılabilir (Sansano vd., 2015). Bununla birlikte, daha düşük ısı ve kütle transferi nedeniyle, sıcak havada pişirme işlemi daha uzun pişirme süresi gerektirir ve genellikle daha az gevrek olmaktadır (Gouyo vd., 2020). Ayrıca patatesleri ev koşullarında sıcak hava fritözünde pişirirken, patatesin dokusuna ve duyuşal özelliklerine ilişkin tüketici alışkanlıkları ve tercihleri de devreye girmektedir.

Sonuç

Bu çalışma sonucunda; et ve patatesten geleneksel pişirme yöntemlerinde sıcak hava fritözüne kıyasla daha düşük akrilamid oranları elde etmiştir. Hava fritözleri daha pratik kullanımları nedeniyle alternatif pişirme yöntemi olarak kullanılmaktadır fakat 200 derece gibi yüksek sıcaklıklarda pişirme akrilamid oranını arttırabileceği göz önüne alınmalıdır. Sıcak hava fritözü üreticileri, erken çocukluk yaş grubundan itibaren her yaş grubunun yaygın olarak tükettiği patates başta olmak üzere, akrilamid oluşma riski yüksek gıdalar için en uygun pişirme sıcaklıklarını ve sürelerini objektif bir şekilde belirlemelidir. Üretici firmalar bunu yaparken patatesin cinsi, taze veya dondurulmuş patates kullanımı, farklı kesme şekilleri, farklı incelik-kalınlık, kullanılacak yağın türü vb. tüm faktörleri göz önünde bulundurarak denemeler yapmalıdır.

Bu çalışmada patateslerde ısı işleminden kaynaklanan kimyasal tehlikelerden biri olan akrilamide dair temel bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular, patates kızartması için bir pişirme yöntemi seçerken ev ortamında pişirme yöntemleri ve ekipmanlarının seçilmesi konusunda farkındalığı artıracaktır. Fakat hâlâ daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Sonuç olarak yeni yöntemler yaygınlaşmadan gerekli güvenlik testlerinin yapılmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

Beyan

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A programı tarafından desteklenmiştir. Makalenin tüm yazarları makale sürecine eşit katkıda bulunmuştur. Yazarların beyan edecekleri herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Altuğ Onoğur, T., & Elmacı, Y. (2011). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*, (2. Baskı). İzmir, Sidas Yayıncılık.
- Andrés, A., Arguelles, Á., Castelló, M. L., & Heredia, A. (2013). Mass transfer and volume changes in French fries during air frying. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1917-1924.
- Arusoglu, G. (2015). Akrilamid oluşumu ve insan sağlığına etkileri. *Akademik Gıda*, 13(1), 61-71.

Awogbemi, O., Kallon, D. V. V., & Owoputi, A. O. (2022). Biofuel generation from potato peel waste: current state and prospects. *Recycling*, 7(2), 23.

Basuny, A. M. M., & Oatibi, H. H. A. (2016). Effect of a novel technology (air and vacuum frying) on sensory evaluation and acrylamide generation in fried potato chips. *Banat's Journal of Biotechnology*, 7(14).

Boskou, G., Salta, F.N., Chiou, A., Troullidou, E., Andrikopoulos, N.K. (2006). Content of trans, trans-2,4-decadienal in deep-fried and pan-fried potatoes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 108, 109-115.

Crawford, L. M., & Wang, S. C. (2019). Comparative study of four analytical methods for the routine determination of acrylamide in black ripe olives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(46), 12633-12641.

Cheng, P., & Wu, H. Y. (2006). Phase-change heat transfer in microsystems. In *International Heat Transfer Conference 13*. Begel House Inc.

Dong, L., Qiu, C. Y., Wang, R. C., Zhang, Y., Wang, J., Liu, J. M., ... & Wang, S. (2022). Effects of Air Frying on French Fries: The Indication Role of Physicochemical Properties on the Formation of Maillard Hazards, and the Changes of Starch Digestibility. *Frontiers in Nutrition*, 9, 889901.

EFSA (2015). Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Scientific opinion on acrylamide in food. *Efsa Journal*, 13(6), 4104.

Erkekoglu, P., & Baydar, T. (2014). Acrylamide neurotoxicity. *Nutritional Neuroscience*, 17(2), 49-57.

EU Commission Regulation. (2017). Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2017/2158/oj> (Erişim Tarihi: 29.10.2023).

FDA. (2022). Acrylamide and Diet, Food Storage, and Food Preparation. Food & Beverages. <https://www.fda.gov/food/process-contaminants-food/acrylamide-and-diet-food-storage-and-food-preparation> (Erişim Tarihi: 30.05.2023).

Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N. ve Buratti, S. (2017). Farklı pişirme sistemleri kullanılarak dondurulmuş patateslerden hazırlanan patates kızartmasının fiziko-kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Avrupa Gıda Araştırması ve Teknolojisi*, 243, 1619-1631.

Gouyo T, Mestres C, Maraval I, Fontez B, Hofleitner C, Bohuon P. (2020). Patates kızartmasının dokusuna ilişkin akustik-mekanik ölçümlerin değerlendirilmesi: derin yağda kızartma ve havada kızartmanın karşılaştırılması. *Gıda Res Int*, 131:108947.

Hamlet, C. G., Liang, L., Baxter, B., Apostilova, D., & Rozeela, A. (2019). Survey of acrylamide and furans in UK retail products: summaries and trends for samples purchased between January 2014 and November 2018. *Food Standards Agency C*, 41, 1-51.

Kaçar, S., & Şahintürk, V. (2018). Bir Çoklu Organ Toksini: Akrilamit. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 40(1), 94-100.

Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C, Ince, M., Yaman, M., (2009). Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 93: 173–179.

- Lee, C. C., & Demirci, M. N. (2023). Different types of fryers for the food industry. In *High-Temperature Processing of Food Products*. 293-326. Woodhead Publishing.
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., Morales, F.J. (2017). Impact of the characteristics of fresh potatoes available in-retail on exposure to acrylamide: Case study for French fries. *Food Control*, 73, 1407-1414.
- Michalak, J., Gujska, E., Kunciewicz, A. (2013). RPHPLC-DAD studies on acrylamide in cereal-based baby foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 32(1), 68-73.
- Mousavi Khaneghah, A., Fakhri, Y., Nematollahi, A., Seilani, F. ve Vasseghian, Y. (2022). Farklı gıda ürünlerinde akrilamid konsantrasyonu: küresel sistematik bir inceleme, meta-analiz ve meta-regresyon. *Food Reviews International*, 38 (6), 1286-1304.
- Mucci, L.A., Sandin, S., Bälter, K., (2005). Acrylamide intake and breast cancer risk in Swedish women. *JAMA*, 293(11): 1326-1327.
- Navruz-Varlı, S., & Mortaş, H. (2024). Acrylamide formation in air-fried versus deep and oven-fried potatoes. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1297069.
- Nizamlioğlu, N. M., & Nas, S. (2019). Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmaları, gıdaların akrilamid içeriği ve sağlık üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2), 232-242.
- Palazoğlu, T. K., Savran, D. ve Gökmen, V. (2010). Pişirme yönteminin (kızartmaya kıyasla fırında pişirmenin) patates cipsindeki akrilamid düzeyine etkisi. *Gıda Bilimi Dergisi*, 75 (1), E25-E29.
- Pekmezci, H., & Basaran, B. (2023). Dietary Heat-Treatment Contaminants Exposure and Cancer: A Case Study from Turkey. *Foods*, 12(12), 2320.
- Sansano, M., Juan-Borrás, M., Escriche, I., Andrés, A., & Heredia, A. (2015). Effect of pretreatments and air-frying, a novel technology, on acrylamide generation in fried potatoes. *Journal of Food Science*, 80(5), T1120–T1128.
- Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjana, K. (2015). A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying. *Journal of Food Science*, 80(2), E349-E358.
- Verma, V., Singh, V., Chauhan, O. P., & Yadav, N. (2023). Comparative evaluation of conventional and advanced frying methods on hydroxymethylfurfural and acrylamide formation in French fries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 83, 103233.
- Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., Chen, L., Miao, M., & Jin, Z. (2021). Effect of new frying technology on starchy food quality. *Foods*, 10(8), 1852.
- Yaylayan, V., Wnorowski, A., Locas, C. (2003). Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1753-1757.
- Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. (2019). Frying process: From conventional to air frying technology. *Food Reviews International*, 35(8), 763-777.

Zhang, Y., Dong, Y. and Ren, Y., (2006). Rapid determination of acrylamide contaminant in conventional fried foods by gas chromatography with electron capture dedector. *Journal of Chromatography A*, 1116, 209-216.

Zyzak, D.V., Sanders, R.A., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P., Villagran, M.D. (2003). Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4782-4787

Comparison of Airfryer and Deep Frying Process in Terms of Acrylamide Formation

Erolcan PERÇİNER

Başkent University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Ankara/Türkiye

İlkay YILMAZ

Başkent University, Faculty of Fine Arts Design and Architecture, Ankara/Türkiye

Extended Summary

Nowadays, the hot air fryer (airfryer) is an increasingly common cooking equipment. This appliance uses hot air circulation to cook food to a crispy and fried consistency (Teruel, et al., 2015). It is a highly popular appliance that is widely preferred due to its low oil usage, fast cooking, various cooking options, easy cleaning, less odor, modern design and innovative technology (Andrés, et al., 2013). One of the most important reasons for preference is the impact of social media. It has increased its popularity day by day with recipes and experiences shared on social media. Cooking in a hot air fryer is basically based on the combination of the heating element and the fan inside the appliance, which produce air at high temperatures. The air stream circulates around the food, crisping the outer surface in the process. In traditional cooking methods, heat is applied directly to the food (Lee and Demirci, 2023).

Acrylamide is formed as a side reaction product of the Maillard reaction and “asparagine”, one of the amino acids, plays an important role in this formation (Yaylayan, et al., 2003). Zyzak et al. (2003) showed in their study that asparagine is a leading amino acid in acrylamide formation. In addition, cooking time, food type and shape and applied temperature are the most important factors in acrylamide formation (Arusoğlu, 2015). Researchers have stated that the level of acrylamide in foods varies depending on the type of food and the way of production (Nizamlioğlu and Nas, 2019).

The World Health Organization (WHO) and the Food and Agriculture Organization (FAO) report that foods processed or cooked at high temperatures (higher than 120 °C) may contain significant levels of acrylamide, which may pose a risk to human health (Kaplan et al., 2009).

In fact, new technologies are designed to cook foods in a healthier way compared to traditional cooking methods, but these technologies need to be examined in detail and their health effects need to be addressed before they are introduced to the market. In this study, the amount of acrylamide in cooked meat and fried potatoes prepared in deep frying and hot air fryer was investigated and the products were compared by sensory analysis.

400 g of potato sample was fried in 300 ml of deep oil in a pan. The frying process was carried out at an oil temperature of 180 °C (Boskou et al., 2006). The same process was carried out in a hot air fryer with 30 ml of oil and 180 °C (Figure 2). Potatoes were cooked in 12 minutes in the hot air fryer set at 180 °C, while they were cooked in 5 minutes in the deep fat frying method.

400 g of meat sample was sliced into 1-1.5 cm thick slices (Figure 1) and cooked in a hot air fryer and steel pan using 30 ml of oil. The cooking process was stopped when the internal temperature of the meat reached 74°C. This temperature was reached in 16 minutes in a hot air fryer set at 180 degrees, whereas it took 4 minutes and 27 seconds for traditional pan cooking methods.

Acrylamide analysis was performed by LC-MS/MS based on the method previously developed by Crawford and Wang, (2019). Sensory evaluation was performed by 6 male and 6 female panelists (n=12) aged 25-57 years, trained in sensory analysis. The panel used a nine-point hedonic scale (1 = did not like at all, 9 = liked a lot). Samples were evaluated according to their color, taste, texture and overall acceptability. Sensory analyses were performed with reference to Altuğ-Onoğur and Elmacı (2011). According to Altuğ-Onoğur and Elmacı (2011), trained 3-10, semi-trained 8-25, untrained at least 80 panelists should be used in sensory analysis panels; semi-trained 8-25, or untrained at least 80 panelists should be used in hedonic tests (Altuğ-Onoğur and Elmacı, 2011).

When the fried potato samples were analyzed, the fried potato cooked in a hot air fryer contained 36.0 mg/kg acrylamide, while the potato sample cooked in oil with the traditional method contained 11.0 mg/kg acrylamide. According to this result, more acrylamide was detected in potatoes cooked in hot air fryer ($P = 0.003$).

As a result of the analysis, the meat samples cooked in a hot air fryer contained an average of 24.8 ± 1.18 mg/kg acrylamide, while the meat sample cooked in oil with the traditional method contained an average of 6.2 ± 0.40 mg/kg acrylamide. For meat samples, the traditional cooking method was found to contain less acrylamide compared to the hot air fryer, which contained 4 times less acrylamide. The results were statistically significant ($P = 0.033$).

In the acrylamide analysis of the samples cooked in oil frying and hot air fryer, it was found that the products cooked in hot air fryer were higher and the difference was significant ($P = 0.003$). The European Union regulation numbered EU 2017/2158 states 50 mg/kg for the benchmark levels for foods that may contain acrylamide (EU Commission Regulation, 2017). These values do not exceed the specified limit.

When the results of the sensory evaluation of French fries are examined, it is seen that the potatoes cooked in the hot air fryer generally received higher scores; this is because they are lighter in appearance. However, when the samples were compared statistically, the difference was not significant ($P > 0.05$). Similar studies have also reported that air and vacuum fried chips are lighter in color and have a more desirable taste and texture compared to deep-fried chips (Basuny et al., 2016). In another study, potatoes were fried at various temperatures (180-200°C) and times (12-24 minutes). The results showed that firmness increased steadily with frying temperature and time (Dong et al., 2022). Possible determining factors for general acceptance are color browning, texture loss and burnt aroma in various frying methods (Verma et al. 2023).

In this study, lower acrylamide ratios were obtained in meat and potato using conventional cooking methods compared to hot air fryers. Air fryers are used as an alternative cooking method due to their more practical use, but it should be taken into consideration that cooking at high temperatures such as 200 degrees may increase the acrylamide rate. Hot air fryer manufacturers should objectively determine the most appropriate cooking temperatures and times for foods with a high risk of acrylamide formation, especially potatoes, which are widely consumed by all age groups from early childhood onwards. While doing this, manufacturers should conduct experiments by considering all factors such as the type of potato, the use of fresh or frozen potatoes, different cutting styles, different thinness-thickness, the type of oil to be used, etc. In this study, the main findings on acrylamide, one of the chemical hazards arising from heat treatment of potatoes, were obtained.